

Die EXAKTA Varex als Kamera des Experimentalphysikers

Von

Dr. R. Tzschaschel (Universität Jena)

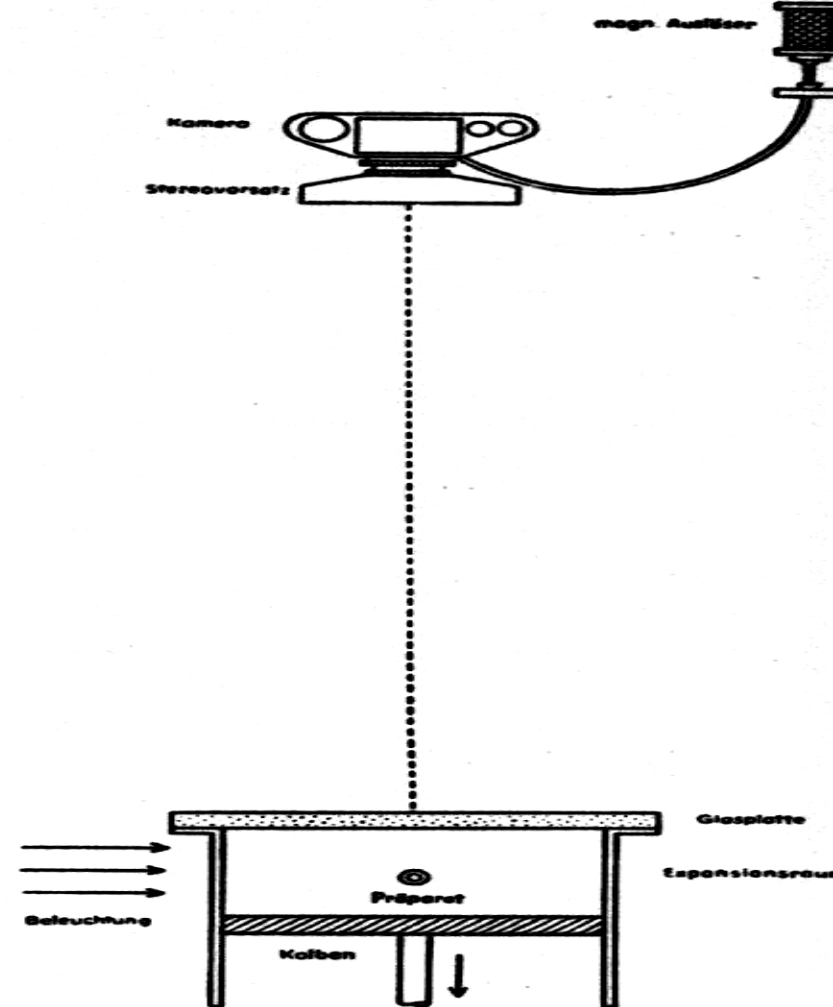
Wenn wir über die Verwendung der EXAKTA Varex im Arbeitsbereich des Experimentalphysikers sprechen wollen, so möge uns eine kleine historische Betrachtung in dieses etwas spezielle Gebiet hinüberleiten. Man kann nämlich gewisse Parallelen ziehen zwischen der Entwicklung der Fotografie und der Entwicklung der Experimentalphysik, und wir wollen als Zeitraum etwa die letzten 100 Jahre zugrunde legen. Wenn der Fotograf vor 100 Jahren ins Land zog, um eine Aufnahme zu machen, so war dies schon ein recht umständliches Unterfangen. Abgesehen von der großen und schweren Landschaftskamera, gehörte zur Ausrüstung noch ein solides Zelt und ein nicht minder schwerer Chemikalienkoffer zur Herstellung der nassen Platten. Heute trägt der Fotograf die leichte Kleinbildkamera, dieses Meisterwerk an feinmechanischer und optischer Präzision, er kann sie mit Filmen hoher Empfindlichkeit und Feinkörnigkeit beschriften, und seit etwa 15 Jahren steht ihm und seiner Kamera die farbige Natur offen.

Einen ähnlichen Weg ist auch die experimentelle Physik gegangen, und aus den »Physikalischen Cabinetten« der Mitte des vergangenen Jahrhunderts entstanden die modernen physikalischen Lehr- und Forschungsinstitute und die neuzeitlichen physikalischen Entwicklungslaboratorien der Großindustrie.

Die beiden soeben angedeuteten Entwicklungswege verliefen nun nicht etwa nebeneinander, sondern von Anbeginn



Abb. 1. Wilsonsche Nebelkammer mit EXAKTA Varex in Aufnahmestellung



an miteinander, denn die Fotografie ist von dem Zeitpunkt an, von dem man im eigentlichen Sinne von einer fotografischen Technik sprechen kann, in den physikalischen Laboratorien heimisch, denn nur zu gern bedient sich der Physiker ihrer Hilfe bei der Erforschung der Natur und ihrer Gesetzmäßigkeiten. Die beiden Gebiete haben sich sogar recht oft gegenseitig befruchtet, und so verdankt die Fotografie manchen Aufschwung sowohl auf dem Gebiet der Optik als auch der Emulsion den Anregungen des Physikers, diesem hingegen war es durch die verbesserte fotografische Technik in vielen Fällen leichter möglich, der Natur ihre Geheimnisse abzulauschen. Und so sind die großen Erfolge der modernen Experimentalphysik, die uns einen tiefen Einblick in den Bau des Atoms vermitteln, nicht zuletzt dem hohen Stand der fotografischen Technik zu verdanken.

Viele der fotografischen Aufgaben, die der Experimentalphysiker zu bearbeiten hat, werden mit Sondergeräten ausgeführt. Man denke an das große Gebiet der Spektralfoto-

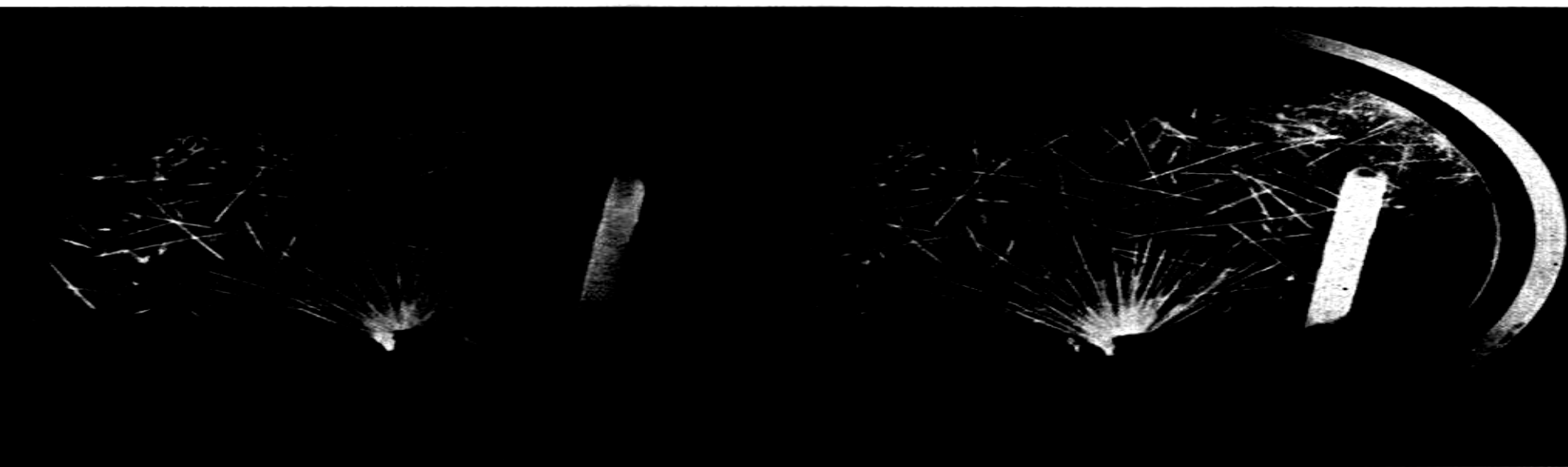


Abb. 2. Nebelspuren von α -Teilchen (Heliumkernen) Stereoaufnahme

grafie. Die Spektrographen enthalten eigens konstruierte Aufnahmekameras. Für Mikroskope wurden Mikrokameras gebaut, und der Kathodenstrahlzylindergraph, dieses wichtige Gerät zur Schwingungsanalyse, wird vielfach mit einem besonderen Fotovorsatz geliefert. Worin liegt nun der besondere Vorteil der Kleinbildkamera und speziell der EXAKTA Varex?

Antwort: Die Kamera ist universell verwendbar!

Diese quasi in Form einer These gegebene Antwort soll nun keineswegs die Bedeutung der fototechnischen Sondergeräte schmälern, sie sind in vielen Fällen unersetzlich, in anderen Fällen, bei denen es sich um große Serienaufnahmen handelt, rationeller — aber sie sind einseitig! Es ist aber gerade die vielseitige Verwendbarkeit, die der experimentierende Physiker oftmals von seiner Kamera verlangt. Denken wir hierbei besonders an den Physiker, dessen Betätigungsfeld ein modernes Lehr- und Forschungsinstitut einer Universität ist, in welchem wissenschaftliche Fotografie auf den verschiedensten Gebieten getrieben werden muß. Hier ist eine universelle Kamera einfach eine zwingende Notwendigkeit, und es gibt wenig Fälle, in denen die EXAKTA Varex nicht verwendbar wäre. Und das kommt eigentlich nur dann vor, wenn zur Aufnahme überhaupt keine fotografische Kamera im üblichen Sinne zu gebrauchen ist, wie z. B. bei Aufnahmen von Elektronenbeugung oder Röntgeninterferenzen.

Bevor nun an drei Beispielen die wissenschaftliche Fotografie mit der EXAKTA Varex auf physikalischem Gebiet gestreift wird, sollen zunächst einmal in einigen Punkten die grundsätzlichen Vorteile dieses Kameratyps für physikalische Aufnahmen herausgestellt werden:

1. Spiegelreflexprinzip: Es ist sehr oft erforderlich, den Ablauf physikalischer Vorgänge bis zu Beginn der Aufnahme verfolgen zu können. Dieser Forderung kann nur die Spiegelreflexkamera gerecht werden;
2. große Variationsmöglichkeit der Objektive und Zwischenringe oft auch in Verbindung mit Sonderoptik (Stereovorsätze);
3. Verwendung der Kamera ohne eigentliches Kameraobjektiv. In manchen Versuchsanordnungen ist die abbildende Optik bereits enthalten, und es bedarf nur einer präzisen Verschuß- und Aufnahmemechanik;
4. Kupplung des Verschlusses mit dem Elektronenblitz! Es gibt viele Aufgaben, die kurzzeitige hellste Beleuchtung erfordern (siehe Anwendung Nebelkammer);
5. großer Spielraum der Belichtungszeiten mit Vorlaufwerk, das völlig erschütterungsfreie Expositionen gestattet.

Die folgenden Beispiele werden diese Vorteile erkennen lassen. Sie wurden willkürlich aus dem reichen Arbeitsgebiet des Experimentalphysikers herausgegriffen und stellen nur eine kleine Auswahl dar. Auch auf dem Gebiet spezieller Spektraloptik, das hier nicht erwähnt wurde, gibt es zahlreiche Einsatzmöglichkeiten für die Kamera. Es sei abschließend erwähnt, daß der Physiker, überhaupt jeder Wissenschaftler, sich oftmals Auszüge aus schwer zugänglicher Fachliteratur auf Film legen möchte. Auch hierfür ist die Kamera in Verbindung mit dem »Vielzweckgerät« vorzüglich geeignet.

a) Aufnahmen mit der Wilsonschen Nebelkammer

Mit der Entdeckung der »Nebelkammermethode« durch H. A. Wilson im Jahre 1912 wurde in den experimentellen Möglichkeiten, den Bau des Atomkernes zu erforschen, ein entscheidender Schritt vorwärts getan. Das physikalische Prinzip der Anordnung ist an Hand der schematischen Darstellung in Abb. 1 leicht verständlich.

Schnelle geladene Teilchen, die z. B. in Form von α - oder β -Strahlen von einem radioaktiven Element ausgeschleudert

werden, erzeugen auf ihrem Weg durch Luft wiederum geladene Gaspartikel (Ionen). Befindet sich gesättigter Wasserdampf in der Luft, so kondensiert er bevorzugt an diesen Ionen zu kleinen Nebeltröpfchen, die somit die Bahn des ursprünglichen Teilchens wiederzugeben vermögen. Der technische Kunstgriff, der zum Entstehen sauberer Nebelspuren führt, ist nun der, daß man das Volumen des Beobachtungsraumes durch schnelles Bewegen eines Kolbens plötzlich vergrößert. Dabei geschieht folgendes: Im gespannten Zustand ist der Sättigungsgrad des Wasserdampfes derart, daß noch keine Nebelbildung auftritt, bei plötzlicher Expansion des Kolbens und der damit verbundenen Abkühlung der Luft wird die Luft in dem Maße übersättigt, daß Nebelbildung an den Ionen der Bahnen beobachtbar wird.

Da die Lebensdauer der Nebelspuren verhältnismäßig kurz ist — die Bahnen werden durch Luftwirbel und ähnliche Erscheinungen schnell verwaschen und undeutlich —, ist die visuelle Beobachtung für genauere Auswertungen unzureichend, und man ist zur Durchführung exakter Analysen unbedingt auf die Fotografie angewiesen. Die Spiegelreflex-Kleinbildkamera ist für derartige Aufnahmen vorzüglich geeignet. Das parallaxfreie Sucherbild gestattet eine saubere Justierung der Anordnung, ein Stereovorsatz ermöglicht, wie im vorliegenden Fall, eine räumliche Beobachtung der Spuren.

Aus der Skizze der Abb. 1 geht die weitere optische Anordnung hervor. Beleuchtet wird senkrecht zur Beobachtungsrichtung mit einem schmalen, sehr hellen Lichtbündel, das, von einer Starkstrom-Bogenlampe oder einem Elektronenblitz erzeugt, durch eine Zylinderlinse gebündelt, genügend flach durch die Kammer geschickt werden kann. Aus den oben schon erwähnten Gründen exponiert man unmittelbar nach Expansion der Kammer mit Belichtungszeiten von $\frac{1}{25}$ bis $\frac{1}{50}$ Sek. Moderne Nebelkammerapparaturen sind so gebaut, daß die zeitlich richtige Aufeinanderfolge aller Arbeitsvorgänge durch elektromechanische oder elektronische Schaltgeräte völlig automatisiert worden ist. Es werden also z. B. unmittelbar nach der Expansion

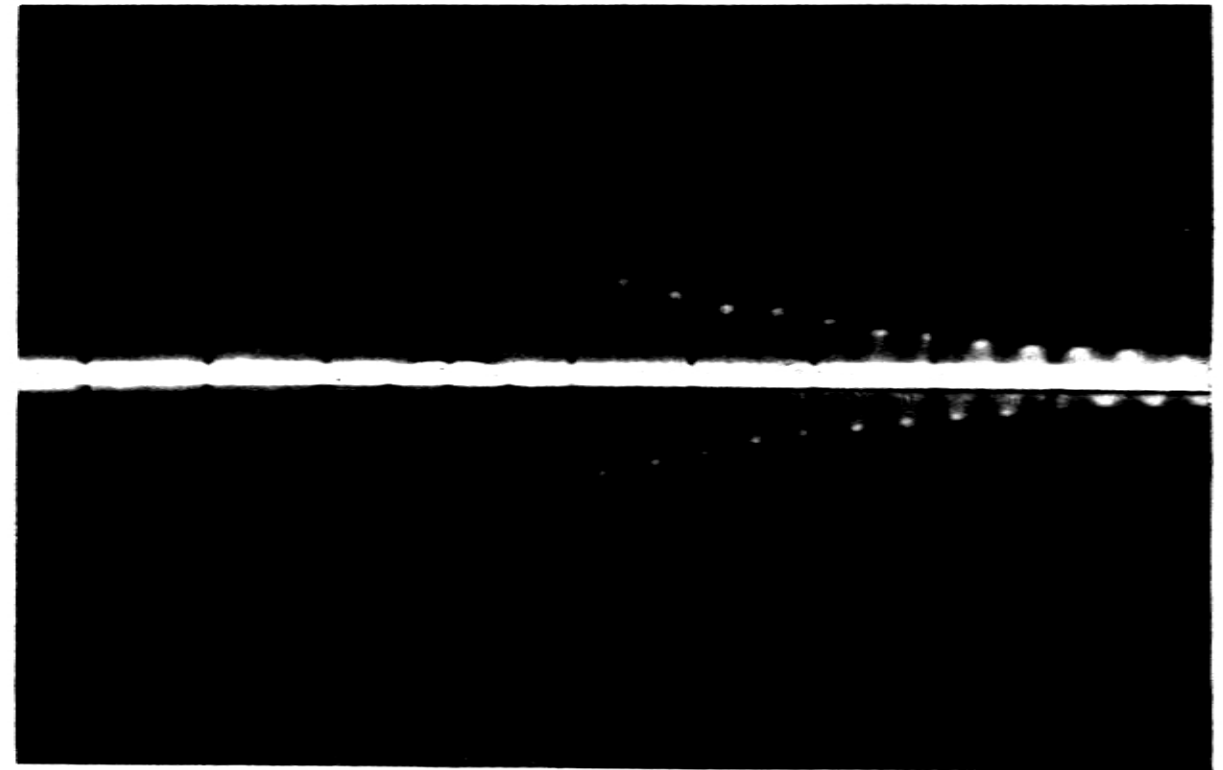
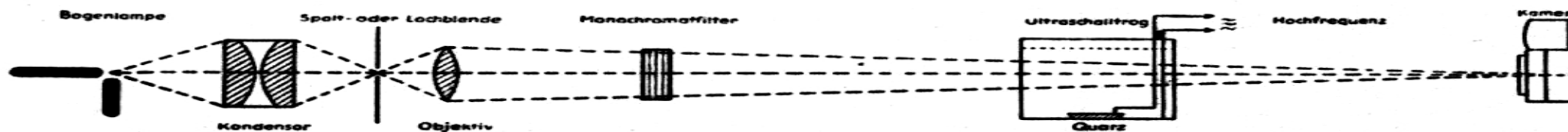
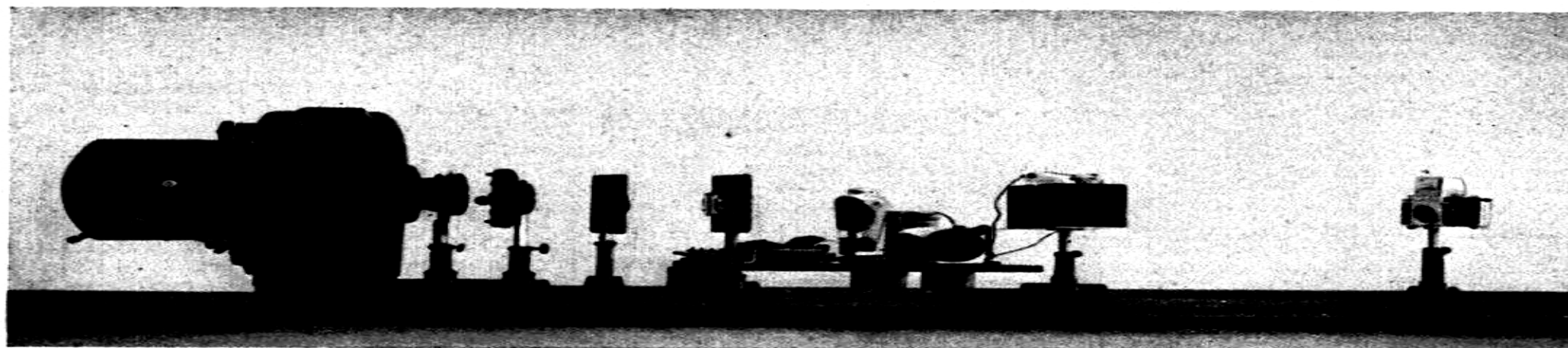


Abb. 3. Gedämpft abklingende elektromagnetische Schwingung (900 Hertz)

Abb. 4. Aufnahmeapparat für Lichtbeugung im Ultraschallfeld



das Beleuchtungslicht und der Kameraverschluß durch Magnetauslöser betätigt. Der Elektronenblitz ist eine vorzügliche Lichtquelle für Nebelkammeraufnahmen, einmal wegen seiner großen Helligkeit, die eine stärkere Abblendung zur Verbesserung der Tiefenschärfe erlaubt, zum anderen vermeidet er bei langen Serienaufnahmen die störende Erwärmung der Kammerluft, die bei Beleuchtung mit Bogenlicht immer auftreten würde und die ein dauerndes Nachstellen des »Expansionsverhältnisses« erforderlich macht. Es kann daher der Elektronenblitzschalter gerade für Nebelkammeraufnahmen nicht hoch genug eingeschätzt werden.

Das folgende Bild (Abb. 2) zeigt in Stereoaufnahme die Spuren von α -Teilchen, die als Kerntrümmer von einem natürlich aktiven Radiumsalzpräparat ausgeschleudert werden, das sich in der auf dem Bild deutlich erkennbaren Halterung befindet. Die auf dem Bild weiterhin sichtbaren Bahnen von scheinbar regellos fliegenden Teilchen

rühren von dem radioaktiven Edelgas »Emanation« her, das sich bei jedem Radiumzerfall bildet. Beleuchtet wurde bei dieser Aufnahme mit einer starken Bogenlampe, die optische Ausrüstung der EXAKTA Varex waren ein Zeiss-Tessar 1:3,5; $f = 50$ mm, T, und ein Zeiss-Stereovorsatz mit 65 mm Basis. Bei einer Abblendung auf 1:8 wurde aus 80 cm Entfernung $\frac{1}{25}$ Sek. belichtet und als Filmmaterial Agfa-Isopan F 17/10⁰ DIN verwendet, mit einer üblichen Behandlung in Final-Entwickler.

b) Aufnahmen von Schirmbildern des Kathodenstrahl-oszillographen

Der Kathodenstrahl-oszillograph ist wohl heute in Wissenschaft und Technik eines der wichtigsten Geräte für Schwingungsanalysen aller Art und ist in allen Industrielaboratorien für Forschung und Fertigungskontrolle anzutreffen. Eine fotografische Aufnahme der Schirmbilder des

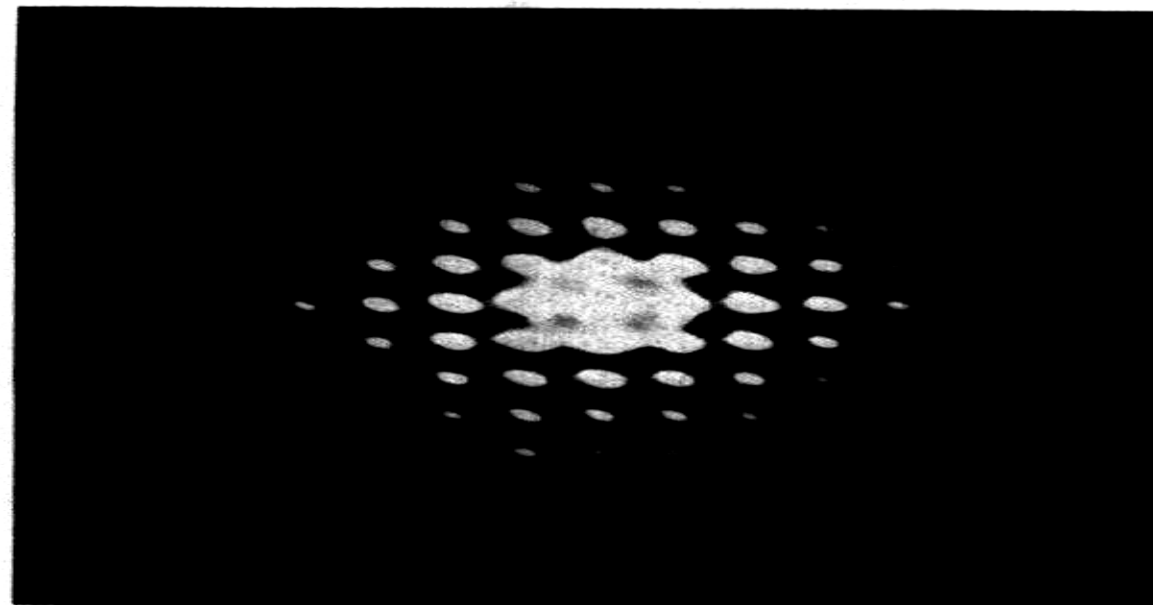
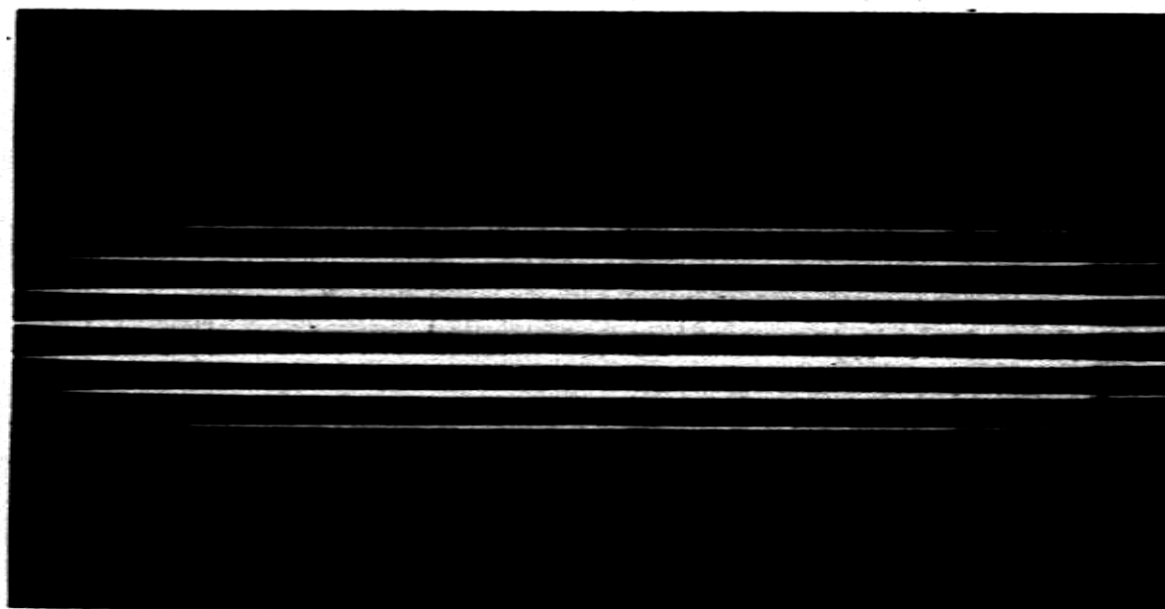


Abb. 5. Beugungsbilder, a) Strichgitter, b) Kreuzgitter

Braunschen Rohres ist hier für die spätere Auswertung unerlässlich, und so sind teilweise sogar eigene Fotovorsätze für diese Geräte entwickelt worden. Die Verwendung der EXAKTA-Kameras ist neben diesen Spezialentwicklungen völlig gleichwertig, und man findet gelegentlich in der Fachliteratur Zitate, die die besonderen Vorzüge gerade dieser Kamera rühmen¹⁾. Neben dem immer wieder hervorstechenden Vorteil des Spiegelreflexprinzips, das die Beobachtung des Schirmbildes bis zur Aufnahme gestattet, soll als besonders wichtiges Merkmal noch die Auswechselbarkeit der Objektive und die Verwendung von Zwischentuben hervorgehoben werden. Mit lichtstärksten Objektiven ist es immer möglich, auch nicht synchronisierte, also laufende Schirmbilder mit kurzen Momentbelichtungszeiten zu erfassen bzw. auch noch ein genügend gedecktes Negativ von einem einmalig ablaufenden Schwingungsvorgang zu erhalten.

Ein solches Beispiel wurde in Abb. 3 gewählt. Die Aufnahme stellt eine gedämpft abklingende einmalige elektromagnetische Schwingung dar, die so entstand, daß ein geladener Kondensator über eine Selbstinduktionsspule entladen wurde. Im vorliegenden Fall wurden die elektrischen Werte von Spule und Kondensator so bemessen, daß die Frequenz der Schwingung etwa 900 Hz betrug. Der ganze sichtbare Kurvenzug ist also in einer Zeit von $\frac{1}{50}$ Sek. durchlaufen worden, dabei wird der Kameraverschluß $\frac{1}{5}$ Sek. geöffnet, und innerhalb dieser Fünftelsekunde wurde die Schwingung ausgelöst. Die gegen den eigentlichen Schwingungsvorgang um zehnmal größere Zeit der Verschlußöffnung erklärt auch die sehr helle Nulllinie des Elektronenstrahles. Der Schwingungsvorgang wurde mit Biotar 1:1,5 bei voller Öffnung und Zwischentubus 145 aus 16 cm Entfernung auf Agfa-Feinkornfilm aufgenommen. Diese Aufnahme kann als besonderer Wertmaßstab für die Leistungsfähigkeit der Kamera auf oszillographischem Gebiet angesehen werden.

c) Lichtbeugung im Ultraschallfeld

Das physikalische Phänomen der Lichtbeugung als eine wichtige experimentelle Stütze der Wellentheorie des Lichtes darf bei der im folgenden zu beschreibenden fotografischen Anordnung in seinen Grundzügen als bekannt vorausgesetzt werden. Optisch geschieht hier das gleiche, als wenn man Licht einer spaltförmigen Lichtquelle auf ein auf Glas geritztes Gitter schickt. Durch Beugung an den Gitterspalten (Prinzip von Huygens) wird das Licht spektral zerlegt, und man kann bei bekanntem Abstand der Gitterstriche und

weiteren geometrischen Bedingungen die Wellenlänge des Lichtes bestimmen.

Der Schall ist eine mechanische Wellenerscheinung und besteht in periodischen elastischen Dichteschwankungen des schallübertragenden Stoffes, also des Festkörpers, der Flüssigkeit oder des Gases. Mit steigender Schallfrequenz (Tonhöhe) wird der Abstand dieser Dichteschwankungen immer kleiner und erreicht bei Verwendung sehr hoher Frequenzen (Ultraschall) Werte, die mit den Gitterstrichabständen eines optischen Beugungsgitters vergleichbar werden.

Eine solche beugungsoptische Anordnung zeigt die Abb. 4. Es sollen Beugungsbilder fotografisch aufgenommen werden mit dem Ziel, die Gesetzmäßigkeiten der Ultraschallausbreitung in Flüssigkeiten zu studieren. Der Ultraschall im Flüssigkeitstrog wird dabei durch einen hochfrequent erregten Schwingquarz (hier 6 MHz) erzeugt, also nach einer in Wissenschaft und Technik weit verbreiteten Methode. Aufnahmetechnisch weist die Anordnung insofern eine Besonderheit auf, als die EXAKTA Varex ohne eigentliches Kameraobjektiv verwendet wurde. Als einziges abbildendes System dient die in der Abbildung als Objektiv bezeichnete achromatische Sammellinse von 9 cm Brennweite, an deren Stelle zur Verbesserung der Bildgüte auch ein Kameraobjektiv gleicher Brennweite verwendet werden kann. Die weitere optische Anordnung ergibt sich aus der Figur.

Die Abb. 5 zeigt zwei typische Beugungsaufnahmen, die mit der oben beschriebenen Anordnung gewonnen wurden. Als Filmmaterial eignet sich jeder handelsübliche Feinkornfilm. Wegen des intensiven Lichtes der Bogenlampe kommt man mit Momentbelichtungszeiten zwischen $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{25}$ Sek. aus. Die verschiedenartigen Beugungsbilder sind darauf zurückzuführen, daß im ersten Fall (a) das »Strichgitter« eines einfachen Schallfeldes die Beugung hervorruft. Als Lichtquelle dient hier ein beleuchteter Spalt. Rechts und links des Spaltbildes »nullter Ordnung« treten die Beugungsbilder auf. Im zweiten Fall (b) wurde in den Schallstrahl unter 45° zur Fortpflanzungsrichtung eine Metallplatte als Reflektor gestellt, und es entsteht durch Reflexion der Schallwellen ein »Kreuzgitter« in gleicher Weise, als wenn auf eine Glasplatte zwei senkrecht zueinander stehende Strichsysteme geritzt werden. Mit einer Lochblende als Lichtquelle entsteht so das Beugungsbild des Kreuzgitters. In beiden Fällen würde bei Abschalten der Hochfrequenz nur das mittlere Strich- bzw. Lochbild zu sehen sein. Die Beugungsbilder nullter und erster Ordnung sind sehr lichtstark, so daß sie auf den Aufnahmen überstrahlt erscheinen, wenn man höhere Ordnungen gut wiedergeben will. Eine gute Ausgleichsentwicklung schafft auch hier in gewissem Maße Abhilfe.

¹⁾ Siehe u. a.: Förster, Zeitschrift für Metallkunde 32 (1940), S. 185, Fußnote.